

Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) EP 1 187 397 A2

(12) EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
13.03.2002 Patentblatt 2002/11

(51) Int Cl.7: H04L 12/28, H04L 12/56,
H04L 12/26

(21) Anmeldenummer: 01000437.2

(22) Anmeldetag: 07.09.2001

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: 11.09.2000 DE 10044994

(71) Anmelder:
• Philips Corporate Intellectual Property GmbH
52064 Aachen (DE)
Benannte Vertragsstaaten:
DE
• Koninklijke Philips Electronics N.V.
5621 BA Eindhoven (NL)
Benannte Vertragsstaaten:
FR GB IT

(72) Erfinder: Habetha, Jörg,
Philips Corporate Int.Prop.GmbH
52064 Aachen (DE)

(74) Vertreter: Volmer, Georg, Dipl.-Ing. et al
Philips Corporate Intellectual Property GmbH,
Habsburgerallee 11,
52064 Aachen (DE)

(54) Neukonfigurierung eines Adhoc-Netzwerks

(57) Die Erfindung bezieht sich auf ein Netzwerk mit mehreren Terminals, von denen wenigstens ein Terminal zur Speicherung von bestimmten, in vorgegebenen Abständen gemessenen Verkehrsverhältnissen zwischen wenigstens einem Teil der Terminals vorgesehen.

Wenigstens ein Terminal ist anhand der gespeicherten Verkehrsverhältnisse zur Feststellung vorgesehen, ob ein Wechsel der Netzwerk-Steuerungsfunktion von einem Terminal zu einem anderen Terminal erforderlich ist.

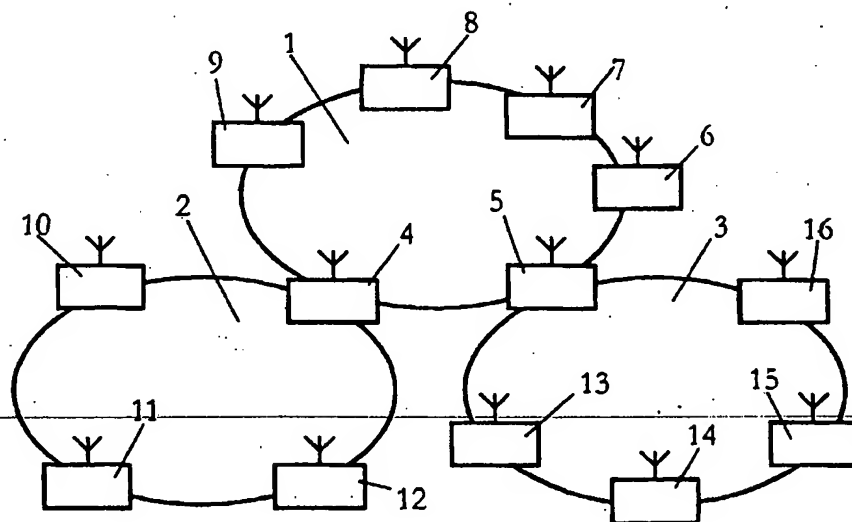


FIG. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Adhoc-Netzwerk mit mehreren Terminals. Solche Adhoc-Netzwerke sind selbstorganisierend und können beispielsweise aus mehreren Sub-Netzwerken bestehen.

[0002] Aus dem Dokument "J. Habetha, AHettich, J. Peetz, Y. Du: Central Controller Handover Procedure for ETSI-BRAN HIPERLAN/2 Ad Hoc Networks and Clustering with Quality of Service Guarantees, 1st IEEE Annual Workshop on Mobile Ad Hoc Networking & Computing, Aug. 11, 2000" ist ein Adhoc-Netzwerk mit mehreren Terminals bekannt. Wenigstens ein Terminal ist als Controller zur Steuerung des Adhoc-Netzwerkes vorgesehen. Unter bestimmten Bedingungen kann es erforderlich sein, dass ein anderes Terminal Controller wird. Zur Bestimmung eines neuen Controllers werden u.a. die LDV- und die ICT-Methode vorgeschlagen. Bei der LDV-Methode (LDV = Lowest Distance Value) berechnet jedes Terminal die Summe der Entfernungen zu seinen jeweiligen benachbarten Terminals und teilt diese Summe durch die Anzahl der benachbarten Terminals. Das Terminal mit dem geringsten Wert wird der neue Controller. Bei der ICT-Methode (ICT = Highest In-Cluster Traffic) wird dasjenige Terminal als Controller ausgesucht, welches den höchsten Verkehr mit den benachbarten Terminals hat.

[0003] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Netzwerk zu schaffen, welches Maßnahmen zur einfachen Findung eines Terminals mit einer Steuerungsfunktion (Controller) aufweist.

[0004] Die Aufgabe wird durch ein Netzwerk der eingangs genannten Art durch folgende Maßnahmen gelöst:

Das Netzwerk enthält mehrere Terminals, von denen

- wenigstens ein Terminal zur Speicherung von bestimmten, in vorgegebenen Abständen gemessenen Verkehrsverhältnissen zwischen wenigstens einem Teil der Terminals vorgesehen ist und
- von denen wenigstens ein Terminal anhand der gespeicherten Verkehrsverhältnisse zur Feststellung vorgesehen ist, ob ein Wechsel der Netzwerk-Steuerungsfunktion von einem Terminal zu einem anderen Terminal erforderlich ist.

[0005] Erfindungsgemäß werden in einem oder mehreren Terminals des Netzwerks gemessene Verkehrsverhältnisse in vorgegebenen Abständen abgespeichert. Das kann beispielsweise die Messung der Empfangsfeldstärke oder die Messung des Nutzdatenverkehrs eines Terminals zu einem anderen Terminal sein. Es ist auch möglich, dass wenigstens das als Controller bezeichnete Terminal mit der Netzwerk-Steuerungsfunktion zur Speicherung der Verkehrsverhältnisse zwischen wenigstens einem Teil der Terminals in Form einer Matrix vorgesehen ist. Ein Wechsel der Netzwerk-Steuerungsfunktion von einem Terminal, d.h. der Wechsel

der Controllerfunktion, kann erforderlich sein, wenn dies anhand der gespeicherten Verkehrsverhältnisse oder der Matrix ermittelt wird. Diese Entscheidung kann der bisherige Controller oder jedes Terminal unter der Voraussetzung treffen, das an diese die gespeicherte Matrix verteilt worden ist.

[0006] Ein Kriterium für den Controllerwechsel kann ein Wert sein, der sich aus der Summe aller Empfangsfeldstärken eines Terminals zu seinen benachbarten Terminals dividiert durch die Anzahl der benachbarten Terminals ergibt. Das Terminal mit dem geringsten Wert übernimmt dann die Controllerfunktion. Ein weiteres Kriterium kann ein Wert sein, der sich aus der Summe des Nutzdatenverkehrs eines Terminals mit den benachbarten Terminals ergibt. Das Terminal mit dem höchsten Wert wird dann Controller.

[0007] Das Netzwerk kann auch mehrere Sub-Netzwerke mit jeweils einem als Controller bezeichneten die jeweilige Netzwerk-Steuerungsfunktion des Sub-Netzwerks ausübenden Terminal enthalten. Diese Sub-Netzwerke tauschen über Brücken-Terminals Nachrichten und Daten aus. Wenigstens ein Terminal in einem Sub-Netzwerk dient zur Speicherung der eigenen Verkehrsverhältnisse und der Verkehrsverhältnisse der anderen Sub-Netzwerke. Bei einer Änderung der Verkehrsverhältnisse können die Sub-Netzwerke andere Controller und damit ggf. auch andere zugeordnete Terminals erhalten.

[0008] Die Daten, welche im Netzwerk übertragen werden, können z.B. nach einem Paketübertragungsverfahren erzeugt sein. Die Pakete können insgesamt oder als Teilpakete nach Hinzufügung weiterer Informationen über das drahtlose Medium übertragen werden. Unter einer drahtlosen Übertragung ist eine Funk-, Infrarot-, Ultraschallübertragung etc. zu verstehen. Als Paketübertragungsverfahren kann beispielsweise der asynchrone Transfermodus (ATM) angewendet werden, der Pakete fester Länge erzeugt, die Zellen genannt werden.

[0009] Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachstehend anhand der Figuren näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein Adhoc-Netzwerk mit drei Sub-Netzwerken, die jeweils zur Funkübertragung vorgesehene Terminals enthalten,

Fig. 2 ein Terminal des lokalen Netzwerks nach Fig. 1,

Fig. 3 eine Funkvorrichtung des Terminals nach Fig. 2,

Fig. 4 eine Ausführung eines zur Verbindung von zwei Sub-Netzwerken vorgesehenen Brücken-Terminals,

Fig. 5 MAC-Rahmen von zwei Sub-Netzwerken und die MAC-Rahmenstruktur eines Brückenterminals und

Fig. 6 eine Matrix mit den Empfangsfeldstärken zwischen verschiedenen Terminals.

BEST AVAILABLE COPY

[0010] Das im folgenden dargestellte Ausführungsbeispiel bezieht sich auf Adhoc-Netzwerke, die im Gegensatz zu traditionellen Netzwerken selbstorganisierend sind. Jedes Terminal in einem solchen Adhoc-Netzwerk kann einen Zugang zu einem Fest-Netzwerk ermöglichen und ist sofort einsetzbar. Ein Adhoc-Netzwerk ist dadurch gekennzeichnet, dass die Struktur und die Anzahl von Teilnehmern innerhalb vorgegebener Grenzwerte nicht festgelegt ist. Beispielsweise kann eine Kommunikationsvorrichtung eines Teilnehmers aus dem Netzwerk genommen oder eingebunden werden. Im Gegensatz zu traditionellen Mobilfunknetzen ist ein Adhoc-Netzwerk nicht auf eine fest installierte Infrastruktur angewiesen.

[0011] Die Größe der Fläche des Adhoc-Netzwerks ist in der Regel sehr viel größer als der Übertragungsbereich von einem Terminal. Eine Kommunikation zwischen zwei Terminals kann daher die Einschaltung weiterer Terminals erforderlich machen, damit diese Nachrichten oder Daten zwischen den beiden kommunizierenden Terminals übertragen können. Solche Adhoc-Netzwerke, bei denen eine Weiterleitung von Nachrichten und Daten über ein Terminal notwendig ist, werden als Multihop-Adhoc-Netzwerke bezeichnet. Eine mögliche Organisation eines Adhoc-Netzwerks besteht darin, regelmäßig Sub-Netzwerke oder Cluster zu bilden. Ein Sub-Netzwerk des Adhoc-Netzwerks kann beispielsweise durch über Funkstrecken verbundene Terminals von um einen Tisch sitzenden Teilnehmern gebildet werden. Solche Terminals können z.B. Kommunikationsvorrichtungen zum drahtlosen Austausch von Dokumenten, Bildern usw. sein.

[0012] Es lassen sich zwei Typen von Adhoc-Netzwerken angeben. Das sind dezentralisierte und zentralisierte Adhoc-Netzwerke. In einem dezentralisierten Adhoc-Netzwerk ist die Kommunikation zwischen den Terminals dezentralisiert, d.h. jedes Terminal kann mit jedem anderen Terminal unter der Voraussetzung direkt kommunizieren, dass die Terminals jeweils in dem Übertragungsbereich des anderen Terminals liegen. Der Vorteil eines dezentralisierten Adhoc-Netzwerks ist dessen Einfachheit und Robustheit gegen Fehler. Bei einem zentralisierten Adhoc-Netzwerk werden bestimmte Funktionen, wie z.B. die Funktion des Mehrfachzugriffs eines Terminals zum Funkübertragungsmedium (Medium Access Control = MAC) von einem bestimmten Terminal pro Sub-Netzwerk gesteuert. Dieses Terminal wird als zentrales Terminal oder zentraler Controller (Central Controller = CC) bezeichnet. Diese Funktionen müssen nicht immer von demselben Terminal ausgeführt werden, sondern können von einem als zentraler Controller arbeitenden Terminal zu einem anderen dann als zentraler Controller agierenden Terminal übergeben werden. Der Vorteil eines zentralen Adhoc-Netzwerks ist, dass in diesem auf einfache Art eine Vereinbarung über die Dienstgüte (Quality of Service = QoS) möglich ist. Ein Beispiel für ein zentralisiertes Adhoc-Netzwerk ist ein Netzwerk, welches nach der Hiper-

LAN/2 Home Environment Extension (HEE) organisiert ist (vgl. J. Habetha, A. Hettich, J. Peetz, Y. Du, "Central Controller Handover Procedure for ETSI-BRAN HIPER-LAN/2 Ad Hoc Networks and Clustering with Quality of Service Guarantees", 1st IEEE Annual Workshop on Mobile Ad Hoc Networking & Computing, Aug. 11, 2000).

[0013] In Fig. 1 ist ein Ausführungsbeispiel eines Adhoc-Netzwerks mit drei Sub-Netzwerken 1 bis 3 dargestellt, die jeweils mehrere Terminals 4 bis 16 enthalten. Bestandteil des Sub-Netzwerks 1 sind die Terminals 4 bis 9, des Sub-Netzwerks 2 die Terminals 4 und 10 bis 12 und des Sub-Netzwerks 3 die Terminals 5 und 13 bis 16. In einem Sub-Netzwerk tauschen die jeweils zu einem Sub-Netzwerk gehörenden Terminals Daten über Funkstrecken aus. Die in Fig. 1 eingezeichneten Ellipsen geben den Funkbereich eines Sub-Netzwerks (1 bis 3) an, in dem zwischen den zu dem Sub-Netzwerk gehörenden Terminals eine mitgehend problemlose Funkübertragung möglich ist.

[0014] Die Terminals 4 und 5 werden Brücken-Terminals genannt, weil diese einen Datenaustausch zwischen zwei Sub-Netzwerken 1 und 2 bzw. 1 und 3 ermöglichen. Das Brücken-Terminal 4 ist für den Datenverkehr zwischen den Sub-Netzwerken 1 und 2 und das Brücken-Terminal 5 für den Datenverkehr zwischen den Sub-Netzwerken 1 und 3 zuständig.

[0015] Ein Terminal 4 bis 16 des lokalen Netzwerks nach Fig. 1 kann eine mobile oder feste Kommunikationsvorrichtung sein und enthält beispielsweise mindestens eine Station 17, eine Verbindungskontrollvorrichtung 18 und eine Funkvorrichtung 19 mit Antenne 20, wie dies Fig. 2 zeigt. Eine Station 17 kann beispielsweise ein tragbarer Computer, Fernsprecher usw. sein.

[0016] Eine Funkvorrichtung 19 der Terminals 6 bis 16 enthält, wie Fig. 3 zeigt, außer der Antenne 20 eine Hochfrequenzschaltung 21, ein Modem 22 und eine Protokollvorrichtung 23. Die Protokollvorrichtung 23 bildet aus dem von der Verbindungskontrollvorrichtung 18 empfangenen Datenstrom Paketeinheiten. Eine Paketeinheit enthält Teile des Datenstroms und zusätzliche von der Protokollvorrichtung 23 gebildete Steuerinformationen. Die Protokollvorrichtung verwendet Protokolle für die LLC-Schicht (LLC = Logical Link Control) und die MAC-Schicht (MAC = Medium Access Control). Die MAC-Schicht steuert den Mehrfachzugriff eines Terminals zum Funkübertragungsmedium und die LLC-Schicht führt eine Fluß- und Fehlerkontrolle durch.

[0017] Wie oben erwähnt, ist in einem Sub-Netzwerk 1 bis 3 eines zentralisierten Adhoc-Netzwerks ein bestimmtes Terminal zuständig für die Kontroll- und Managementfunktionen und wird als zentraler Controller bezeichnet. Der Controller arbeitet außerdem als normales Terminal im zugehörigen Sub-Netzwerk. Der Controller ist z.B. für die Registrierung von Terminals, die den Betrieb im Sub-Netzwerk aufnehmen, für den Verbindungsaufbau zwischen wenigstens zwei Terminals im Funkübertragungsmedium, für die Ressourcenverwaltung und für die Zugriffssteuerung im Funküber-

tragungsmedium zuständig. So erhält beispielsweise ein Terminal eines Sub-Netzwerks nach der Registrierung und nach der Anmeldung eines Übertragungswunsches vom Controller Übertragungskapazität für Daten (Paketinheiten) zugewiesen.

[0018] In dem Adhoc-Netzwerk können die Daten zwischen den Terminals nach einem TDMA-, FDMA- oder CDMA-Verfahren (TDMA = Time Division Multiplex Access, FDMA = Frequency Division Multiplex Access, CDMA = Code Division Multiplex Access) ausgetauscht werden. Die Verfahren können auch kombiniert werden. Jedem Sub-Netzwerk 1 bis 3 des lokalen Netzwerks sind eine Anzahl von bestimmten Kanälen zugeordnet, die als Kanalbündel bezeichnet werden. Ein Kanal ist durch einen Frequenzbereich, einen Zeitbereich und z. B. beim CDMA-Verfahren durch einen Spreizungscode bestimmt. Beispielsweise kann jedem Sub-Netzwerk 1 bis 3 zum Datenaustausch ein bestimmter, jeweils unterschiedlicher Frequenzbereich mit einer Trägerfrequenz f_1 zur Verfügung stehen. In einem solchen Frequenzbereich können beispielsweise Daten mittels des TDMA-Verfahrens übertragen werden. Dabei kann dem Sub-Netzwerk 1 die Trägerfrequenz f_1 , dem Sub-Netzwerk 2 die Trägerfrequenz f_2 und dem Sub-Netzwerk 3 die Trägerfrequenz f_3 zugewiesen werden. Das Brücken-Terminal 4 arbeitet einerseits, um mit den anderen Terminals des Sub-Netzwerks 1 einen Datenaustausch durchführen zu können, mit der Trägerfrequenz f_1 und andererseits, um mit den anderen Terminals des Sub-Netzwerks 2 einen Datenaustausch durchführen zu können, mit der Trägerfrequenz f_2 . Das zweite im lokalen Netzwerk enthaltene Brücken-Terminal 5, welches Daten zwischen den Sub-Netzwerken 1 und 3 überträgt, arbeitet mit den Trägerfrequenzen f_1 und f_3 .

[0019] Wie oben erwähnt, hat der zentrale Controller beispielsweise die Funktion der Zugriffssteuerung. Das bedeutet, dass der zentrale Controller für die Bildung von Rahmen der MAC-Schicht (MAC-Rahmen) verantwortlich ist. Hierbei wird das TDMA-Verfahren angewendet. Ein solcher MAC-Rahmen weist verschiedene Kanäle für Steuerinformationen und Nutzdaten auf.

[0020] Ein Blockschaltbild eines Ausführungsbeispiels eines Brücken-Terminals ist in Fig. 4 dargestellt. Die Funkschaltvorrichtung dieses Brücken-Terminals enthält jeweils eine Protokollvorrichtung 24, ein Modem 25 und eine Hochfrequenzschaltung 26 mit Antenne 27. Mit der Protokollvorrichtung 24 ist eine Funkschaltvorrichtung 28 verbunden, die des Weiteren an eine Verbindungskontrollvorrichtung 29 und einer Zwischenspeichervorrichtung 30 angeschlossen ist. Die Zwischenspeichervorrichtung 30 enthält in dieser Ausführungsform ein Speicherelement und dient zur Zwischenspeicherung von Daten und ist als FIFO-Baustein realisiert (First-In-First-Out), d.h. die Daten werden in der Reihenfolge aus der Zwischenspeichervorrichtung 30 gelesen, in der sie eingeschrieben worden sind. Das in Fig. 4 dargestellte Terminal kann ebenfalls als normales Terminal arbeiten. An die Verbindungskontrollvorrichtung 29 an-

geschlossene Stationen, die nicht in Fig. 4 eingezeichnet sind, liefern dann über die Verbindungskontrollvorrichtung 29 Daten zur Funkschaltvorrichtung 28.

[0021] Das Brücken-Terminal nach der Fig. 4 ist abwechselnd mit einem ersten und zweiten Sub-Netzwerk synchronisiert. Unter Synchronisation wird der gesamte Prozess der Einbindung eines Terminals im Sub-Netzwerk bis zum Austausch von Daten verstanden. Wenn das Brücken-Terminal mit dem ersten Sub-Netzwerk synchronisiert ist, kann es Daten mit allen Terminals und mit dem Controller dieses ersten Sub-Netzwerks austauschen. Werden von der Verbindungskontrollvorrichtung 29 Daten an die Funkschaltvorrichtung 28 geliefert, deren Bestimmungsort ein Terminal oder der Controller des ersten Sub-Netzwerks oder ein Terminal oder Controller eines anderen Sub-Netzwerks ist, die über das erste Sub-Netzwerk zu erreichen sind, leitet die Funkschaltvorrichtung diese Daten direkt an die Protokollvorrichtung 24 weiter. In der Protokollvorrichtung 24 werden die Daten solange zwischengespeichert, bis der vom Controller bestimmte Zeitabschnitt für die Übertragung erreicht ist. Wenn die von der Verbindungskontrollvorrichtung 29 ausgegebenen Daten zu einem Terminal oder dem Controller des zweiten Sub-Netzwerks oder zu einem anderen über das zweite Sub-Netzwerk zu erreichenden Sub-Netzwerk gesendet werden soll, muss die Funkübertragung bis zu dem Zeitabschnitt verzögert werden, in dem das Brücken-Terminal mit dem zweiten Sub-Netzwerk synchronisiert ist. Daher leitet die Funkschaltvorrichtung die Daten, deren Bestimmungsort im zweiten Sub-Netzwerk liegt oder deren Bestimmungsort über das zweite Sub-Netzwerk zu erreichen ist, zu der Zwischenspeichervorrichtung 30, welche die Daten solange zwischenspeichert, bis das Brücken-Terminal mit dem zweiten Sub-Netzwerk synchronisiert ist.

[0022] Wenn Daten von einem Terminal oder dem Controller des ersten Sub-Netzwerks vom Brücken-Terminal empfangen werden und deren Bestimmungsort ein Terminal oder der Controller des zweiten Sub-Netzwerks oder ein Terminal oder Controller eines anderen über das zweite Sub-Netzwerk zu erreichenden Sub-Netzwerks ist, werden diese Daten ebenfalls bis zur Synchronisation mit dem zweiten Sub-Netzwerk in der Zwischenspeichervorrichtung 30 abgelegt. Daten, deren Bestimmungsort eine Station des Brücken-Terminals ist, werden direkt über die Funkschaltvorrichtung 28 zur Verbindungskontrollvorrichtung 29 gegeben, die dann die empfangenen Daten zu der gewünschten Station leitet. Daten, deren Bestimmungsort weder eine Station des Brücken-Terminals noch ein Terminal oder Controller des zweiten Sub-Netzwerks ist, beispielsweise zu einem weiteren Brücken-Terminal gesendet.

[0023] Nach dem Synchronisationswechsel des Brücken-Terminals vom ersten zum zweiten Sub-Netzwerk werden die in der Zwischenspeichervorrichtung 30 befindlichen Daten in der Einschreibreihenfolge wieder aus der Zwischenspeichervorrichtung 30 gelesen. Anschließend können während der Dauer der Synchroni-

sation des Brücken-Terminals mit dem zweiten Sub-Netzwerk alle Daten, deren Bestimmungsort ein Terminal oder der Controller des zweiten Sub-Netzwerks oder ein anderes über das zweite Sub-Netzwerk zu erreichende Sub-Netzwerk ist, sofort von der Funk-schaltvorrichtung 28 zur Protokollvorrichtung 24 weitergegeben und nur die Daten, deren Bestimmungsort ein Terminal oder der Controller des ersten Sub-Netzwerks oder ein anderes über das erste Sub-Netzwerk zu erreichende Sub-Netzwerk ist, in der Zwischenspeichervorrichtung 30 gespeichert werden.

[0024] Die MAC-Rahmen von zwei Sub-Netzwerken SN1 und SN2 sind in der Regel nicht synchronisiert. Daher ist ein Brücken-Terminal BT mit einem Sub-Netzwerk SN1 oder SN2 nicht nur während einer Umschaltzeit T_s sondern auch während einer Wartezeit T_w nicht verbunden. Dies lässt sich aus Fig. 5 entnehmen, welche eine Folge von MAC-Rahmen der Sub-Netzwerke SN1 und SN2 und die MAC-Rahmenstruktur des Brücken-Terminals BT zeigt. Die Umschaltzeit T_s ist diejenige Zeit, die erforderlich ist, damit das Brücken-Terminal sich mit einem Sub-Netzwerk synchronisieren kann. Die Wartezeit T_w gibt die Zeit zwischen dem Ende der Synchronisation mit dem Sub-Netzwerk und dem Beginn eines neuen MAC-Rahmens dieses Sub-Netzwerks.

[0025] Unter der Annahme, dass das Brücken-Terminal BT nur jeweils für die Dauer eines MAC-Rahmens mit einem Sub-Netzwerk SN1 oder SN2 verbunden ist, weist das Brücken-Terminal BT nur eine Kanalkapazität von 1/4 der verfügbaren Kanalkapazität eines Sub-Netzwerks auf. In dem anderen extremen Fall, dass das Brückenterminal BT für eine längere Zeit mit einem Sub-Netzwerk verbunden ist, beträgt die Kanalkapazität die Hälfte der verfügbaren Kanalkapazität eines Sub-Netzwerks.

[0026] Wie oben beschrieben, enthält jedes Sub-Netzwerk einen zentralen Controller zur Steuerung des zugeordneten Sub-Netzwerks. Bei der Inbetriebnahme eines Sub-Netzwerks muss sichergestellt werden, dass nur ein Terminal die Funktion des zentralen Controllers übernimmt. Es sei vorausgesetzt, dass nicht jedes Terminal die Funktion des zentralen Controllers übernehmen kann. Es wird zur Bestimmung eines zentralen Controllers beispielsweise so vorgegangen, dass jedes Terminal, welches eine Controller-Funktion übernehmen kann, prüft, ob in ihrem Empfangsbereich ein anderes Terminal ist, welches die Controller-Funktion ausführen kann. Ist dies der Fall, stellt das detektierende Terminal fest, dass es nicht Controller wird. Führen alle anderen Terminals ebenfalls diese Überprüfungen durch, bleibt am Ende ein Terminal über, welches kein anderes Terminal mit einer Controller-Funktion detektiert und somit die Controller-Funktion übernimmt.

[0027] Es kann vorkommen, dass ein Sub-Netzwerk neu konfiguriert werden muss. Es können folgende Gründe vorliegen:

- ungenügende Leistungsbedingungen des zentralen Controllers,
- schlechte Verbindungen von einem oder mehreren Terminals,
- 5 - ungenügende Kapazitätsbedingungen in einem oder mehreren Sub-Netzwerken,
- neue einzubindende oder abgeschaltete Terminals in dem Sub-Netzwerk und
- 10 - Wegbewegen eines Terminals aus dem Sub-Netzwerk.

[0028] Zur Rekonfigurierung eines Sub-Netzwerks kann eine Entfernungs-Matrix (distance matrix) verwendet werden, welche über die Messung der Empfangsfeldstärke RSS2 (Recieved signal strength) direkt die Entfernung zwischen zwei Terminals im freien Raum angibt. Ein Beispiel einer solchen Entfernungs-Matrix zeigt Fig. 6. In der Entfernungs-Matrix werden die Terminals mit T1 bis T6 und die Empfangsfeldstärken mit RSS2(x, y) bezeichnet. RSS2(x, y) bedeutet die von dem Terminal Tx gemessene Feldstärke des Terminals Ty.

[0029] Zur Ermittlung eines neuen zentralen Controllers können verschiedene Kriterien angewendet werden. Ein Kriterium ist das folgende: Jedes Terminal berechnet die Summe aller Empfangsfeldstärken (RSS2 (x, y)) zu seinen direkten Nachbarn und teilt diese Summe durch die Anzahl der direkten Nachbarn. Das Terminal mit dem geringsten berechneten Wert wird dann der neue Controller. Diese Methode wird im folgenden als LDV (lowest distance value) bezeichnet.

[0030] Den geringsten Entfernungswert jedes Terminals in der Umgebung des bisherigen zentralen Controllers kann von diesem bisherigen Controller selbst ermittelt werden. Der bisherige Controller kennt selbst alle Empfangsfeldstärken (RSS2) der Terminals in seinem bisherigen Sub-Netzwerk. Diese sind während des Betriebes von den einzelnen Terminals seines Sub-Netzwerks ermittelt und dem bisherigen Controller mitgeteilt worden. Ferner kennt der bisherige Controller auch die Entfernungs-Matrizen seiner benachbarten oder auch weiter entfernten Sub-Netzwerke. Diese sind dem bisherigen Controller von den Controllern der anderen Sub-Netzwerke regelmäßig mitgeteilt worden. Ebenso hat der bisherige Controller seine Entfernungs-Matrix den Controllern der anderen Sub-Netzwerke übertragen. Hierdurch kennt der bisherige Controller nicht nur die Empfangsfeldstärken seiner zugeordneten Terminals (die Terminals in seinem Sub-Netzwerk), sondern auch die von anderen Sub-Netzwerken. Anhand seiner eigenen Entfernungs-Matrix und der Entfernungs-Matrix der anderen Sub-Netzwerke kann der bisherige Controller dann berechnen, welches Terminal den geringsten Entfernungswert (LDV) aufweist. Das kann auch der bisherige Controller sein. Falls der neue Controller nicht der bisherige Controller ist, muss noch ein Austausch von Steuerungsinformationen stattfinden.

[0031] Es kann auch vorgesehen werden, dass der bisherige Controller die Entfernungs-Matrizen im Ver-

- Abschaltung des zentralen Controllers,

teil-Modus (Broadcast) an die Terminals seines Sub-Netzwerkes sendet und diese selbstständig eine Entscheidung treffen, wer zentraler Controller wird.

[0032] Es ist auch möglich, dass jedes Terminal periodisch im Verteil-Modus (Broadcast) seinen eigenen durchschnittlichen Empfangsfeldstärken (RSS2) versendet, die dann von den Nachbarterminals empfangen werden. Jedes Terminal entscheidet dann selbstständig, ob es sich zum zentralen Controller macht. Hierbei kann folgender Ablauf vorgesehen werden:

[0033] Ein Terminal sammelt kontinuierlich die durchschnittlichen, von einem benachbarten Terminal gesendeten Empfangsfeldstärken (RSS2). Die empfangenen Empfangsfeldstärken werden in einem Terminal gespeichert und die Summe der Empfangsfeldstärken geteilt durch Anzahl der benachbarten Terminals berechnet. Nach einer längeren Zeit sollte eine gespeicherte Empfangsfeldstärke und damit der berechnete Wert eines Terminals gelöscht werden, wenn von diesem über den angegebenen Zeitraum nichts mehr empfangen wurde. Damit soll vermieden werden, dass nicht Terminals betrachtet werden, die schon lange nicht mehr aktiv sind. Das Terminal macht sich dann zum zentralen Controller, wenn der eigene berechnete Wert kleiner ist als der kleinste Wert der anderen Terminals. Der neue zentrale Controller muss danach alle erforderlichen Steuerinformationen von dem bisherigen Controller erhalten.

[0034] Ein weiteres Kriterium zur Ermittlung eines zentralen Controllers wird als ICT-Methode (Highest In-Cluster Traffic) bezeichnet. Hierbei wird die Summe des Nutzdatenverkehrs, den ein Terminal mit allen benachbarten Terminals hat berechnet. Das Gerät mit dem höchsten Nutzdatenverkehr wird dann zentraler Controller. Es ist dann garantiert ist, dass ein großer Teil des Nutzdatenverkehrs auf jeden Fall innerhalb des Sub-Netzwerkes abgewickelt wird und somit das die Übertragung von Daten über wenigstens ein Brücken-Terminal verringert wird. Bei dieser Methode können dieselben Abläufe - wie oben zur LDV-Methode angegeben - zur Ermittlung eines zentralen Controllers angewendet werden. Erforderlich ist auch hier die Bildung einer Matrix, die den Nutzdatenverkehr der jeweiligen Terminals untereinander angibt und Verkehrs-Matrix genannt wird. In einem Kreuzungspunkt der Matrix steht dann ein Wert, der den Nutzdatenverkehr von einem zum anderen Terminal angibt.

[0035] Werden die oben genannten Werte zur Auswahl eines neuen Controllers vom bisherigen Controller periodisch berechnet, wird sich dabei häufig ein Terminal finden, dessen Wert besser als der Wert des bisherigen Controllers ist. Würde jeweils streng nach dem Entscheidungskriterium vorgegangen, müßte der bisherige Controller die Controller-Funktion an das besser geeignete Terminal abgeben. Dies würde (je nach der Häufigkeit der Wertberechnung) zu häufigen Neukonfigurationen des Netzwerkes führen. Da eine Rekonfiguration das Netzwerk durch eine notwendige Signallisierung belastet, ist eine häufige Neukonfiguration mög-

lich zu vermeiden. Vor der Neukonfigurierung eines oder mehrerer Sub-Netzwerke sollte daher zuerst getestet werden, ob überhaupt eine Veränderung der alten Konfiguration mit dem bisherigen Controller erforderlich ist. Nur wenn dies der Fall ist, sollte nach dem jeweiligen Kriterium neu konfiguriert werden.

[0036] Ferner kann eine Neukonfigurierung eines oder mehrerer Sub-Netzwerke dazu führen, dass diese nicht mehr durch ein Brücken-Terminal verbunden sind. Daher prüft jedes Terminal in regelmäßigen Abständen, ob es Daten oder Nachrichten empfängt, die nicht von dem zugeordneten Sub-Netzwerk stammen können. Das können mit einer anderen Trägerfrequenz übertragene Nachrichten oder Daten sein. Wenn ein Terminal eine solche andere Nachricht empfangen hat, sendet es eine Anfrage an den Controller, ob ein dem Sub-Netzwerk zugeordnetes Brücken-Terminal vorhanden ist, welches Nachrichten oder Daten von diesem Sub-Netzwerk verarbeiten kann. Wenn dies nicht der Fall ist, macht das Terminal ein neues Sub-Netzwerk auf, das nun die beiden zuvor nicht verbundenen anderen Sub-Netzwerke verbindet. Das Terminal, dessen Nachrichten empfangen wurden, wird durch den Controller des neuen Sub-Netzwerks aufgefordert, ein Brücken-Terminal zwischen dessen Sub-Netzwerk und dem neu eingerichteten Sub-Netzwerk zu werden. Falls der Fall auftritt, dass mehrere Terminals diese Anfrage an den Controller gesendet haben, wird einer von diesen Terminals von dem Controller als neuer zusätzlicher Controller bestimmt.

Patentansprüche

1. Netzwerk mit mehreren Terminals, von denen
 - wenigstens ein Terminal zur Speicherung von bestimmten, in vorgegebenen Abständen gemessenen Verkehrsverhältnissen zwischen wenigstens einem Teil der Terminals vorgesehen ist und
 - von denen wenigstens ein Terminal anhand der gespeicherten Verkehrsverhältnisse zur Feststellung vorgesehen ist, ob ein Wechsel der Netzwerk-Steuerungsfunktion von einem Terminal zu einem anderen Terminal erforderlich ist.
2. Netzwerk nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein Terminal zur Messung der Empfangsfeldstärke eines anderen Terminals vorgesehen ist.
3. Netzwerk nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein Terminal zur Messung des Nutzdatenverkehrs mit einem anderen Terminal vorgesehen ist.

4. Netzwerk nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass wenigstens das als Controller bezeichnete Terminal mit der Netzwerk-Steuerungsfunktion zur Speicherung der Verkehrsverhältnisse zwischen wenigstens einem Teil der Terminals in Form einer Matrix vorgesehen ist. 5
5. Netzwerk nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Controller zur Verteilung der gespeicherten Matrix an alle Terminals vorgesehen ist und
dass ein Terminal anhand der Matrix zur Feststellung vorgesehen ist, ob es die Controllerfunktion übernehmen soll. 15
6. Netzwerk nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass ein Terminal zur Berechnung eines Wertes vorgesehen ist, der sich aus der Summe aller Empfangsfeldstärken eines Terminals zu seinen benachbarten Terminals dividiert durch die Anzahl der benachbarten Terminals zusammensetzt, und
dass Terminal mit dem geringsten Wert zur Übernahme der Netzwerk-Steuerungsfunktion vorgesehen ist. 20 25 30
7. Netzwerk nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass ein Terminal zur Berechnung eines Wertes vorgesehen ist, der sich aus der Summe des Nutzdatenverkehrs eines Terminals mit den benachbarten Terminals zusammensetzt, und
dass Terminal mit dem höchsten Wert zur Übernahme der Netzwerk-Steuerungsfunktion vorgesehen ist. 35 40
8. Netzwerk nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass mehrere Sub-Netzwerke mit jeweils einem als Controller bezeichneten die jeweilige Netzwerk-Steuerungsfunktion des Sub-Netzwerks ausübenden Terminal enthalten sind, dass die Sub-Netzwerke über Brücken-Terminals zum Austausch von Nachrichten und Daten zwischen den Sub-Netzwerken vorgesehen sind,
dass wenigstens ein Terminal in einem Sub-Netzwerk zur Speicherung der eigenen Verkehrsverhältnisse und der Verkehrsverhältnisse der anderen Sub-Netzwerke vorgesehen 45 50 55

ist und
dass die in einem Terminal gespeicherten Verkehrsverhältnisse jedes Sub-Netzwerks zur Feststellung vorgesehen ist, ob ein Wechsel der Netzwerk-Steuerungsfunktion von einem Terminal zu einem anderen Terminal erforderlich ist.

9. Netzwerk nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass nach einem Wechsel der Netzwerk-Steuerungsfunktion von einem Terminal zu einem anderen Terminal das bisherige Terminal mit der Netzwerk-Steuerungsfunktion zur Übertragung von Steuerungsinformationen zu dem neuen Terminal mit der Netzwerk-Steuerungsfunktion vorgesehen ist. 10 15

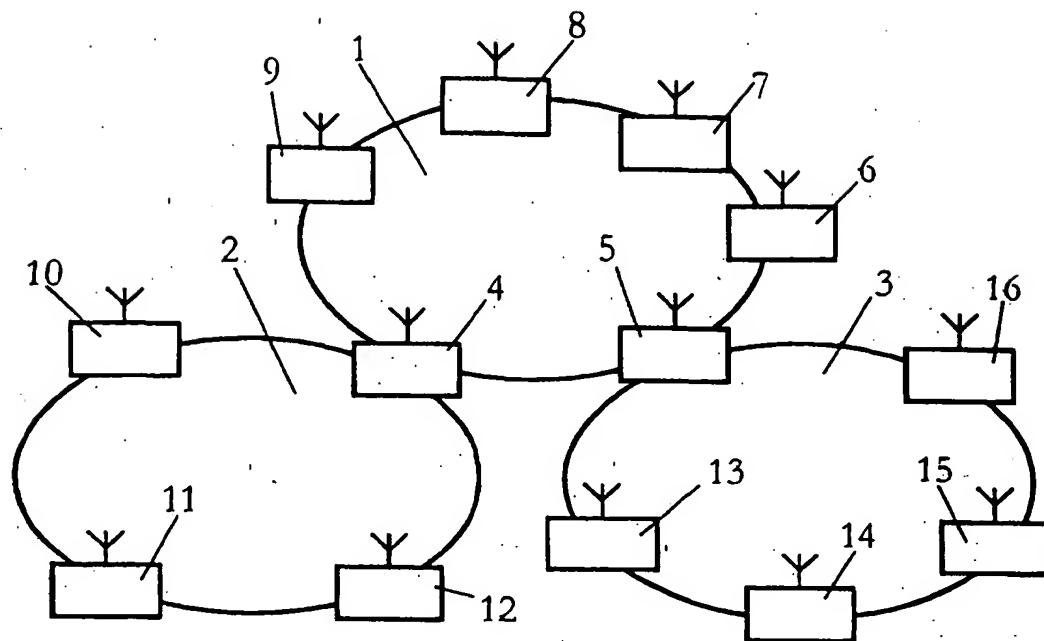


FIG. 1

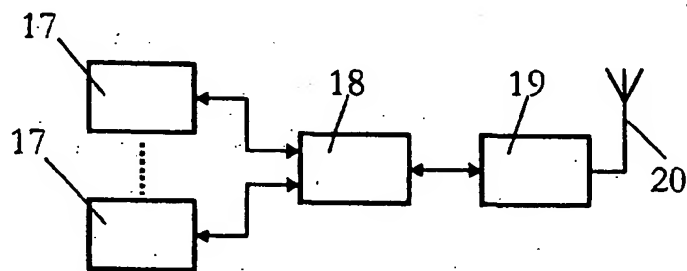


FIG. 2

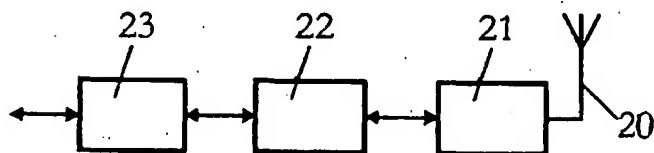
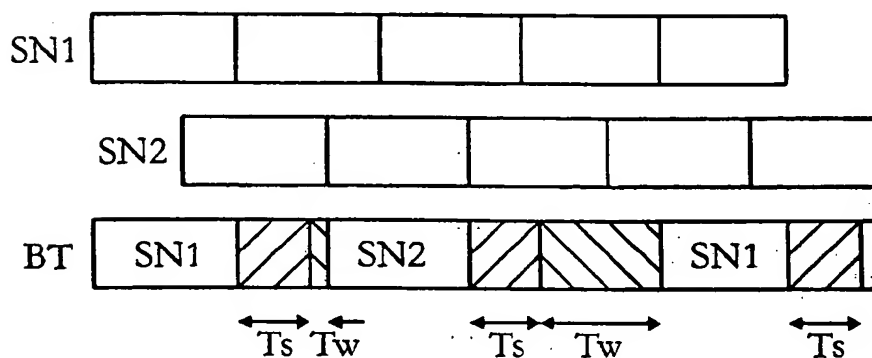
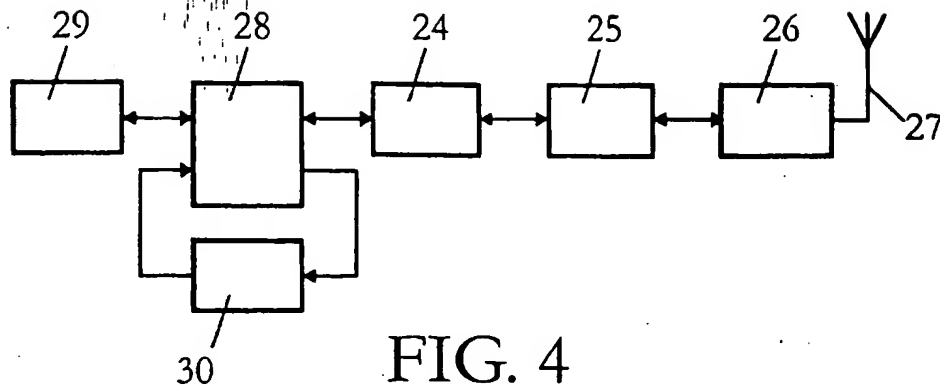


FIG. 3



	T1	T2	T3	T4	T5
T1		RSS2(2,1)	RSS2(3,1)	RSS2(4,1)	RSS2(5,1)
T2	RSS2(1,2)		RSS2(3,2)	RSS2(4,2)	RSS2(5,2)
T3	RSS2(1,3)	RSS2(2,3)		RSS2(4,3)	RSS2(5,3)
T4	RSS2(1,4)	RSS2(2,4)	RSS2(3,4)		RSS2(5,4)
T5	RSS2(1,5)	RSS2(2,5)	RSS2(3,5)	RSS2(4,5)	
T6	RSS2(1,6)	RSS2(2,6)	RSS2(3,6)	RSS2(4,6)	RSS2(5,6)

FIG. 6

PFO20081
US

(19) European Patent Office

(11) EP 1 187 397 A2

(12)

EUROPEAN PATENT APPLICATION

(43) Publication Date:
13 March 2002 Patentblatt 2002/11

(51) Int. Cl.⁷ : H04L 12/28, H04L 12/56,
H04L 12/26

(21) Application Number: 01000437.2

(22) Application Date: 7 September 2001

<p>(84) Named Treaty Countries: AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE TR</p> <p>Named Extension Countries: AL LT LV MK RO SI</p> <p>(30) Priority: 11 September 2000 DE 10044994</p> <p>(71) Applicant:</p> <ul style="list-style-type: none">• Philips Corporate Intellectual Property GmbH 52064 Aachen DE <p>Treaty Countries: DE</p> <ul style="list-style-type: none">• Koninklijke Philips Electronics N.V. BA Eindhoven (NL) <p>Treaty Countries: FR GB IT</p>	<p>(72) Inventor: Habetha, Jörg, Corporate Int. Prop. GmbH (DE) Philips 52064 Aachen</p> <p>(74) Representative: Volmer, Georg, Dipl.-Ing. et al Philips Corporate Intellectual Property GmbH, Habsburgerallee 11 Aachen (DE) 52064</p>
--	---

(54) Reconfiguration of an ad hoc network

(57) The invention relates to a network with several terminals, of which at least one terminal is provided for the storage of certain traffic conditions between at least a portion of the terminals measured at specified intervals. At least one terminal is provided for determining, on the basis of the stored traffic conditions, whether or not a change of the network control function from one terminal to another terminal is required.

FIG. 1

Specification

[0001] The invention relates to an ad hoc network with several terminals. Such ad hoc networks are self-organizing and can be comprised, for example, of several sub-networks.

[0002] The publications "J. Habetha, A. Hettich, J. Peetz, Y. Du: Central Controller Handover Procedure for ETSI-BRAN HIPERLAN/2 Ad Hoc Networks and Clustering with Quality of Service Guarantees, First IEEE Annual Workshop on Mobile Ad Hoc Networking & Computing, Aug. 11, 2000" describes an ad hoc network with several terminals. At least one terminal is provided as the controller for controlling the ad hoc network. Under certain conditions it may be required that another terminal becomes the new controller. For determining a new controller, *inter alia* the LDV and the ICT methods have been proposed. In the LDV method (LDV = Lowest Distance Value) each terminal calculates the sum of the distances to its particular adjacent terminal and divides this sum by the number of adjacent terminals. The terminal with the lowest value becomes the new controller. In the ICT method (ICT = Highest In-Cluster Traffic) that terminal is sought out as the controller, which has the highest traffic with the adjacent terminals.

[0003] The invention addresses the problem of providing a network which comprises measures for the simple finding of a terminal with a control function (controller).

[0004] The problem is solved with a network of the above described type through the following measures:

The network comprises several terminals of which

- at least one terminal is provided for the storage of certain traffic conditions measured at specified intervals, between at least one portion of the terminals, and
- of which at least one terminal is provided to determine on the basis of the stored traffic conditions whether or not a change of the network control

function from one terminal to another terminal is required.

[0005] According to the invention traffic conditions measured in one or several terminals are stored at specified intervals. This can be, for example, the measurement of the intensity of the received field strength or the measurement of the useful data traffic from one terminal to another terminal. It is also possible, that at least the terminal, denoted as the controller with the network control function for the storage of the traffic conditions between at least a portion of the terminals, is provided in the form of a matrix. A change of the network control function from one terminal, i.e. the change of the controller function, can be required if this is determined based on the stored traffic conditions or on the matrix. This decision can be made by the present controller or by any other terminal with the qualification that the stored matrix has been allocated to it.

[0006] One criterion for the controller change can be a value, which results from the sum of all received field strengths of a terminal to its adjacent terminals divided by the number of adjacent terminals. The terminal with the lowest value subsequently assumes the controller function. A further criterion can be a value, which results from the sum of the useful data traffic from one terminal to the adjacent terminal. The terminal with the highest value subsequently becomes the controller.

[0007] However, the network can also comprise several sub-networks with one terminal denoted as the controller and carrying out the particular network control function of the sub-network. This sub-network exchange messages and data across bridge terminals. At least one terminal in a sub-network serves for storing its own traffic conditions and the traffic conditions of the other sub-networks. Upon a change of the traffic conditions, the sub-networks can obtain other controllers and therewith, optionally, also other associated terminals.

[0008] The data transmitted in the network, can be generated, for example, according to a packet transmission method. The packets can be transmitted over the wireless medium altogether or as partial packets after adding further information. By wireless transmission is understood radio, infrared or ultrasound transmission, etc. As packet

transmission process can be applied, for example, the asynchronous transfer mode (ATM), which generates packets of fixed length, referred to as cells.

[0009] Embodiment examples of the invention will be explained in further detail in the following in conjunction with the Figures. Therein depict:

- Fig. 1 an ad hoc network with three sub-networks, which comprise terminals provided for radio transmission,
- Fig. 2 a terminal of the local network according to Fig. 1,
- Fig. 3 a radio device of the terminal according to Fig. 2,
- Fig. 4 an embodiment of a bridge terminal provided for the connection of two sub-networks,
- Fig. 5 MAC frames of two sub-networks and the MAC frame structure of a bridge terminal, and
- Fig. 6 a matrix with the intensity of the received fields between several terminals.

[0010] The embodiment example described in the following refers to ad hoc networks, which, in contrast to traditional networks, are self-organizing. Each terminal in such an ad hoc network can make possible the access to a fixed network and can be employed immediately. An ad hoc network is characterized in that the structure and the number of subscribers is not fixed within specified limit values. For example a communication device of a subscriber can be taken out of the network or be integrated into it. In contrast to conventional mobile radio networks, an ad hoc network is not dependent on a fixedly installed infrastructure.

[0011] The size of the area of the ad hoc network, as a rule, is not much larger than the transmission range of one terminal. Communication between two terminals may therefore require interspacing further terminals, in order for these messages or data to be transmitted between the two communicating terminals. Such ad hoc networks, in which further conduction of messages and data via a terminal is necessary, are denoted as multihop ad hoc networks. Such possible organization of an ad hoc network

comprises regularly forming sub-networks or clusters. A sub-network of the ad hoc network can for example be formed by terminals connected across radio paths by subscribers sitting around a table. Such terminals can be, for example, communication devices for the wireless exchange of documents, images etc.

[0012] Two types of ad hoc networks can be specified. These are decentralized ad hoc networks and centralized ones. In a decentralized ad hoc network the communication between the terminals is decentralized, i.e. each terminal can directly communicate with every other terminal with the prerequisite that the terminals are each in the transmission range of the other terminal. The advantage of a decentralized ad hoc network is its simplicity and robustness against errors. In a centralized ad hoc network, specific functions, such as for example the function of multiple access of a terminal to the radio transmission medium (Medium Access Control = MAC) is controlled by one specific terminal for each sub-network. This terminal is referred to as the central terminal or central controller (Central Controller = CC). These functions do not always need to be performed by the same terminal, but can be transferred from one terminal operating as the central controller to another terminal subsequently acting as the central controller. The advantage of a central ad hoc network is that in it in simple manner an agreement about the service quality (Quality of Service = QoS) is possible. An example of a centralized ad hoc network is a network which is organized according to the HiperLAN/2 Home Environment Extension (HEE) (*cf.* J. Habetha, A. Hettich, J. Peetz, Y. Du, "Central Controller Handover Procedure for ETSI-BRAN HIPERLAN/2 Ad Hoc Networks and Clustering with Quality of Service Guarantees", First IEEE Annual Workshop on Mobile Ad Hoc Networking & Computing, Aug. 11, 2000).

[0013] In Fig. 1 an embodiment example of an ad hoc network with three sub-networks 1 to 3 is depicted each of which includes several terminals 4 to 16. Components of the sub-network 1 are the terminals 4 to 9, of sub-network 2, the terminals 4 to 10 to 12 and, of sub-network 3, the terminals 5 to 13 to 16. In a sub-network the particular terminals belonging to a sub-network exchange data over radio

paths. The ellipses drawn in Fig. 1 indicate the radio range of a sub-network (1 to 3), in which, between the terminals belonging to the sub-network, the largely problem-free radio transmission is possible.

[0014] The terminals 4 and 5 are referred to as bridge terminals, since these make possible the data exchange between two sub-networks 1 and 2 or 1 and 3, respectively. The bridge terminal 4 is responsible for the data traffic between the sub-networks 1 and 2 and the bridge terminal 5 for the data traffic between the sub-networks 1 and 3.

[0015] A terminal 4 to 16 of the local network according to Fig. 1 can be a mobile or fixed communication device and comprises, for example, at least one station 17, one connection control device 18 and a radio device 19 with an antenna 20, as shown in Fig. 2. A station 17 can be, for example, a portable computer, telephone set, etc.

[0016] A radio device 19 of the terminals 6 to 16, as shown in Fig. 3, in addition to the antenna 20, includes a high-frequency circuit 21, a modem 22 and a protocol device 23. The protocol device 23 forms packet units from the data stream received from the connection control device 18. One packet unit comprises portions of the data stream and additionally control information formed by the protocol device 23. The protocol device utilizes protocols for the LLC layer (LLC = Logical Link Control) and the MAC layer (MAC = Medium Access Control). The MAC layer controls the multiple access of a terminal to the radio transmission medium and the LLC layer carries out a flow and error check.

[0017] As stated above, in a sub-network 1 to 3 of a centralized ad hoc network a specific terminal is responsible for checking and management functions and is denoted as the central controller. In addition, the controller operates as a normal terminal in the associated sub-network. The controller is for example responsible for the registration of terminals, which assume the operation in the sub-network, for setting up the connection between at least two terminals in the radio transmission medium, for the resource management and for the access control in the radio transmission medium. For example, after the registration and after submitting a request for transmission, a controller

allocates to the terminal of a sub-network transmission capacity for data (packet units).

[0018] The data can be exchanged between the terminals in the ad hoc network according to a TDMA, FDMA or CDMA process (TDMA = Time Division Multiplex Access, FDMA = Frequency Division Multiplex Access, CDMA = Code Division Multiplex Access). Combining these processes is also possible. To each sub-network 1 to 3 of the local network is assigned a number of specific channels, which are referred to as a channel group. A channel is determined by a frequency range, a time range and, for example in the CDMA process, by a spreading code. For example, to each sub-network 1 to 3 can be available for the data exchange a specific and in each case different frequency range with a carrier frequency f_i . In such a frequency range for example data can be transmitted by means of the TDMA process. To the sub-network 1 therein the carrier frequency f_1 can be assigned, to the sub-network 2 the carrier frequency f_2 and to the sub-network 3 the carrier frequency f_3 . The bridge terminal 4 operates, on the one hand, at the carrier frequency f_1 to be able to carry out a data exchange with the other terminals of the sub-network 1 and, at the carrier frequency f_2 , on the other hand, in order to be able to carry out a data exchange with the other terminals of the sub-network 2. The second bridge terminal 5 within the local network, which transmits data between the sub-networks 1 and 3, operates at the carrier frequencies f_1 and f_3 .

[0019] As described above, the central controller has for example the function of the access control. This means that the central controller is responsible for the formation of frames of the MAC layer (MAC frames). Here the TDMA process is applied. Such a MAC frame comprises several channels for control information and useful data.

[0020] A block circuit diagram of an embodiment example of a bridge terminal is depicted in Fig. 4. The radio switching device of this bridge terminal comprises in each case a protocol device 24, a modem 25 and a high-frequency circuit 26 with antenna 27. With the protocol device 24 is connected a radio switching device 28, which furthermore is connected to a connection control device 29 and an intermediate storage

device 30. In this embodiment the intermediate storage device 30 includes a storage element and serves for the intermediate storage of data and is realized as a FIFO (First In First Out) component, i.e. the data are read from the intermediate storage device 30 in the same sequence in which they had been written in. The terminal depicted in Fig. 4 can also operate as a normal terminal. Stations, not shown in Fig. 4, connected to the connection control device 29 in this case supply across the connection control device 29 data to the radio switching device 28.

[0021] The bridge terminal according to Fig. 4 is synchronized alternately with a first and a second sub-network. By synchronization is understood the entire process of the integration of a terminal into the sub-network up to the exchange of data. When the bridge terminal is synchronized with the first sub-network, it can exchange data with all terminals and with the controller of this first sub-network. If from the connection control device 29 data are supplied to the radio switching device 28, whose destination location is a terminal or the controller of the first sub-network, or a terminal or controller of another sub-network which can be reached across the first sub-network, the radio switching device transfers these data directly to the protocol device 24. The data are held in intermediate storage in the protocol device 24 until the time interval for the transmission, determined by the controller, has been reached. If the data output by the connection control device 29 are to be sent to a terminal or to the controller of the second sub-network or to another sub-network reachable across the second sub-network, the radio transmission must be delayed until the time interval in which the bridge terminal is synchronized with the second sub-network. Therefore the radio switching device conducts the data, whose destination location is in the second sub-network or whose destination location can be reached across the second sub-network, to the intermediate storage device 30, which holds the data in intermediate storage until the bridge terminal is synchronized with the second sub-network.

[0022] When data are received by the bridge terminal from a terminal or the controller of the first sub-network and their destination location is a terminal or the

controller of the second sub-network or a terminal or controller of another sub-network to be reached via the second sub-network, these data are also deposited in the intermediate storage device 30 until the synchronization with the second sub-network. Data, whose destination is a station of the bridge terminal, are sent directly across the radio switching device 28 to the connection control device 29, which subsequently conducts the received data to the desired station. Data whose destination is neither a station of the bridge terminal nor a terminal or controller of the second sub-network, are sent, for example, to a further bridge terminal.

[0023] After the synchronization change of the bridge terminal from the first to the second sub-network, the data deposited in the intermediate storage device 30 are read out from the intermediate storage device 30 again in the sequence in which they had been written into it. Subsequently, for the duration of the synchronization of the bridge terminal with the second sub-network, all data, whose destination is a terminal or the controller of the second sub-network, or another sub-network that can be reached via the second sub-network, is immediately transferred from the radio switching device 28 to the protocol device 24. Only those data, whose destination is a terminal or the controller of the first sub-network or another sub-network reachable via the first sub-network, are stored in the intermediate storage device 30.

[0024] The MAC frames of two sub-networks SN1 and SN2 are, as a rule, not synchronized. Therefore a bridge terminal BT is not only not connected during a switch-over time T_s but also during a waiting time T_w . This can be found in Fig. 5 which depicts a series of MAC frames of the sub-networks SN1 and SN2 and the MAC frame structure of the bridge terminal BT. The switch-over time T_s is that time which is required for the bridge terminal to become synchronized with a sub-network. The waiting time T_w indicates the time between the end of the synchronization with the sub-network and the beginning of a new MAC frame of this sub-network.

[0025] Under the assumption that the bridge terminal BT is only connected for the duration of a MAC frame with a sub-network SN1 or SN2, the bridge terminal BT has

only a channel capacity of $1/4$ of the available channel capacity of a sub-network. In the other extreme case, that the bridge terminal BT is connected for a longer time with a sub-network, the channel capacity is one half of the available channel capacity of a sub-network.

[0026] As described above, each sub-network comprises a central controller for the control of the associated sub-network. When a sub-network is first taken into operation, it is necessary to ensure that only one terminal assumes the function of central controller. It may be assumed that not every terminal can assume the function of the central controller. For the determination of a central controller, for example, the approach is that each terminal which can assume a controller function, checks, whether or not there is another terminal in its receiving range which can carry out the controller function. If this is the case, the detecting terminal determines that it does not become the controller. If all other terminals also carry out this check, one terminal remains at the end, which does not detect another terminal with a controller function and consequently assumes the controller function.

[0027] It may occur that a sub-network must be reconfigured. The following reasons for this to occur may be:

- the central controller may be switched off,
- insufficient power conditions of the central controller,
- poor connections of one or several terminals,
- insufficient capacity conditions in one or several sub-networks,
- terminals newly to be integrated or switched off in the sub-network, and
- moving one terminal away from the sub-network.

[0028] To reconfigure a sub-network a distance matrix can be utilized, which, via the measurement of the received field strength RSS2 (Received Signal Strength), indicates directly the distance between two terminals in free space. An example of such a distance matrix is shown in Fig. 6. In the distance matrix the terminals are denoted by

T1 to T6 and the received field strengths by $RSS2(x, y)$. $RSS2(x, y)$ signifies the field strength of terminal Ty measured by terminal Tx.

[0029] To determine a new central controller, various criteria can be applied. One criterion is the following: each terminal calculates the sum of all received field strengths ($RSS2(x, y)$) to its direct neighbors and divides this sum by the number of direct neighbors. The terminal with the least calculated value subsequently becomes the new controller. This method will be referred to in the following as LDV (Lowest Distance Value).

[0030] The lowest distance value of each terminal in the surrounding of the present central controller can be determined by this present controller itself. The present controller itself knows all received field strengths ($RSS2$) of the terminals in its present sub-network. During operation these are determined by the individual terminals of its sub-network and are conveyed to the present controller. The present controller up to now further also knows the distance matrices of its adjacent sub-networks or also further removed sub-networks. These matrices have been regularly conveyed by the other controllers of the other sub-networks to the controller which up to now had been the controller. The controller that up to now was the controller has transmitted its distance matrix to the controllers of the other sub-networks. Hereby the controller, which was the controller up to now, knows not only the received field strengths of its associated terminals (the terminals in its sub-network) but also those of other sub-networks. Based on its own distance matrix and the distance matrix of the other sub-networks, the current controller can subsequently calculate which terminal has the lowest distance value (LDV). This can also be the current controller itself. If the new controller is not the controller which was the controller up to now, an exchange of control information must take place.

[0031] It can also be provided that the controller which was the controller up to now, sends the distance matrices in distribution mode (broadcast) to the terminals of its sub-network and these decide independently which one of them becomes the central

controller.

[0032] It is also possible that each terminal periodically sends in distribution mode (broadcast) its own average received field strengths (RSS2), which subsequently are received by the adjacent terminals. Each terminal subsequently decides independently whether it becomes the central controller. Here the following sequence can be provided:

[0033] A terminal collects continuously the average received field strengths (RSS2) sent by an adjacent terminal. The received field strengths are stored in a terminal and the sum of the received field strengths is divided by the number of adjacent terminals. After some time, a stored received field strength, and therewith the calculated value of a terminal, should be deleted, if there has been no communication from it over the specified time interval. This is intended to avoid that terminals are not considered, which have not been active for some time. The terminal subsequently turns itself into the central controller, if its own calculated value is lower than the lowest value of the other terminals. The new central controller must subsequently receive all required control information from the controller which had been the controller up to now.

[0034] A further criterion for determining a central controller is referred to as ICT method (Highest In-Cluster Traffic). Here the sum is calculated of the useful data traffic which a terminal has with all adjacent terminals. The apparatus with the highest useful data traffic subsequently becomes the central controller. In this case it is ensured that a large portion of the useful data traffic is transacted in any case within the sub-network and, consequently, that the transmission of data via at least one bridge terminal is decreased. In this method the same sequences as described above for the LDV method can be applied for determining a central controller. Required is here also the formation of a matrix which indicates the useful data traffic of the particular terminals with one another and is referred to as traffic matrix. At a point of intersection of the matrix there is subsequently a value, which indicates the useful data traffic from one to the other terminal.

[0035] If the above listed values for the selection of a new controller are periodically calculated by the controller, which had been the controller up to now, frequently a terminal is found whose value is better than the value of the present controller. If the approach were to follow strictly the decision criterion, the previous controller would have to relinquish the controller function to the better suited terminal. This would (depending on the frequency of the value calculation) lead to frequent reconfigurations of the network. Since the reconfiguration places a load on the network through the necessary signalization, the frequent reconfiguration should be avoided as much as possible. Therefore before the reconfiguration of one or several sub-networks, a test should first be carried out whether a change of the old configuration with the present controller is even required. Only if this is the case should a reconfiguration be performed according to the particular criterion.

[0036] Further a reconfiguration of one or several sub-networks can lead to the fact that these are no longer connected by a bridge terminal. Each terminal therefore checks at regular intervals, whether it receives data or messages, which may not originate from the associated sub-network. These can be data or messages transmitted at another carrier frequency. If a terminal has received such other messages, it sends a query to the controller regarding whether or not a bridge terminal associated with the sub-network is available, which can process messages or data from this sub-network. If this is not the case, the terminal opens a new sub-network, which now connects the two previously not connected other sub-networks. The terminal, whose messages had been received, is requested by the controller of the new sub-network to become a bridge terminal between its sub-network and the newly established sub-network. If the case occurs that several terminals have sent this query to the controller, one of these terminals is designated by the controller to a new additional controller.

Patent Claims

1. Network with several terminals
 - of which at least one terminal is provided for the storage of specific traffic conditions measured at specified intervals between at least a portion of the terminals, and
 - of which at least one terminal is provided for the determination, based on the stored traffic conditions, of whether or not a change of the network control function from one terminal to another terminal is required.
2. Network as claimed in claim 1,
characterized in
that
one terminal is provided for measuring the received field strength of another terminal.
3. Network as claimed in claim 1,
characterized in
that
a terminal for measuring the useful data traffic with another terminal is provided.

4. Network as claimed in claim 1,
characterized in
that
at least the terminal, denoted as controller with the network control function for the storage of the traffic conditions between at least one portion of the terminals, is provided in the form of a matrix.
5. Network as claimed in claim 4,
characterized in
that the controller is provided for the distribution of the stored matrix to all terminals, and
that a terminal based on the matrix is provided for determining whether or not it should assume controller function.
6. Network as claimed in claim 2,
characterized in
that a terminal is provided for the calculation of a value which is combined of the sum of all received field strengths of a terminal to its adjacent terminals divided by the number of adjacent terminals, and
that the terminal with the lowest value is provided for assuming the network control function.
7. Network as claimed in claim 3,
characterized in
that a terminal is provided for calculating a value, which is combined of the sum of the useful data traffic of one terminal with the adjacent terminals, and
that the terminal with the highest value is provided for assuming the network

control function.

8. Network as claimed in claim 1,

characterized in

that several sub-networks with one terminal denoted as the controller and exercising the particular network control function of the sub-network are included,

that the sub-networks are provided for the exchange via bridge terminals of messages and data between the sub-networks,

that at least one terminal in a sub-network is provided for storing its own traffic conditions and the traffic conditions of the other sub-networks, and

that the traffic conditions stored in one terminal of every sub-network are provided for determining whether or not a change of the network control function from one terminal to another terminal is required.

9. Network as claimed in claim 1,

characterized in

that after a change of the network control function from one terminal to another terminal the present terminal with the network control function is provided for the transmission of control information to the new terminal with the network control function.